

Integration von Qualitätsdaten für Produktionsanlagen

Markus Nick¹, Sören Schneickert¹, Jürgen Grotepaß³, Helmut Hamfeld⁶,
Thomas Rose², Torsten Sander⁵, Michael Stöhr⁴, Werner Stumpe⁵, Horst Winterberg⁷

¹Fraunhofer IESE, Kaiserslautern; ²FH Münster/Steinfurt;

³Freudenberg GmbH, Weinheim; ⁴Human Solutions, Kaiserslautern;

⁵PSI Penta GmbH, Berlin; ⁶SAC GmbH; ⁷Steinbichler GmbH, Neubeuern

Abstract

In automatisierten Produktionsanlagen werden mehr und mehr Sensorsysteme eingesetzt, um die produzierte Qualität zu überwachen und auf Basis gesammelter Prozessdaten sicherzustellen. Die Heterogenität der an unterschiedlichen Stellen im Prozess integrierten Sensoren erfordert einen Ansatz zur einfachen Integration. Ziel der Integration ist die für verschiedene Rollen aufbereitete Qualitätssicht, die auch ein Feedback zur Fehlerdeduktion beinhaltet. In diesem Erfahrungsbericht wird der im Projekt BridgeIT¹ entwickelte Ansatz zur syntaktischen und semantischen Integration von Qualitätsdaten vorgestellt. Der Ansatz ermöglicht insbesondere eine einfache Anbindung neuer Sensorsysteme.

1 Einleitung

Automatische, prozessintegrierte Systeme zur Qualitätskontrolle gewinnen in nahezu allen Industriezweigen vor dem Hintergrund der Null-Fehler-Forderung zunehmend an Bedeutung. Während in diesem Kontext bis vor kurzem nationale bzw. Forschungsschwerpunkte im 4. und 5. EU Rahmenprogramm (IST, GROWTH) die Entwicklung optischer Technologien und Sensorprinzipien bestimmt haben, die zum Einsatz von lokalen (punktuellen) Bildverarbeitungs- bzw. Oberflächeninspektionssystemen zur Qualitätskontrolle (Stahl-, Papier, und Textilindustrie) geführt haben, definieren die damit jetzt nun eröffneten erweiterten Rahmenbedingungen, Impulse zur Softwareentwicklung für die Integration dieser heterogenen Systeme. Die Integration und intelligente Auswertung der Datenströme heterogener Sensorsysteme eröffnet ganz neue Möglichkeiten Rückschlüsse auf defektverursachende Bedingungen zu ziehen. Insbesondere werden auch prozessschrittübergreifende Schlussfolgerungen so erst möglich.

Systeme, die exakte Problemursachen analysieren und in Korrelation zu bereits in der Vergangenheit aufgetretenen Fehlermustern setzen können, gibt es aufgrund der Heterogenität unterschiedlicher Messsysteme und auch oft fehlender Prozesstransparenz derzeit noch keine [1].

In BridgeIT wird diesem Bedarf an objektiver Qualitätserfassung und Deduktion der defektverursachenden Bedingung im Prozess Rechnung getragen. BridgeIT ent-

wickelt einen Portalansatz mit dem Ziel, die in unterschiedlichen Prozesspunkten über unterschiedliche Sensorsysteme erhobenen Qualitätsdaten zusammenzuführen, zu visualisieren und über die Deduktion inverser „Fehlerfortpflanzungsregeln“ geeignete Steuerungsgrößen zur Prozessoptimierung zu generieren. Eine derartige Integration von Inspektionssystemen der unterschiedlichen Fertigungsstufen führt zur Integration von derzeit noch meist konkurrierenden, lokalen oder stufenbezogenen Qualitätsrichtlinien, mit der Folge, dass Qualität an den Prozessgrenzen transparent wird und schlupfbedingte Mehrkosten reduziert werden.

Die Entwicklungen in BridgeIT spiegeln u.a. den Bedarf der deutschen Industrie gemäß der Fraunhofer-Studie „Wissen und Information 2005“ wieder [2]. In dieser Studie wurde die syntaktische und semantische Integration von Daten als eine der wesentlichen Herausforderungen identifiziert, die in den kommenden Jahren von der Industrie anzugehen ist. Weiterhin sind objektive Qualitätsdaten als Basis für die kontinuierliche Verbesserung notwendig, z.B. für Projekte im Rahmen von Six Sigma-Programmen [3]. Die Nutzung integrierter Qualitätsdaten, d.h. Sensordaten für Teilequalität und Anlagenzustand, angereichert mit Informationen zum Anlagenstatus und zum Kontext (Artikel, Auftrag, ...), wird zukünftig in Kombination mit Erfahrungswissen die Grundlage zur Realisierung einer möglichst automatisch geregelten Anlage bilden können.

Die in BridgeIT entwickelte *Bridge* zur Integration von Qualitätsdaten von Sensorsystemen und anderen Quellen stellt eine Lösung dar, die diesen Herausforderungen gerecht wird. Die Bridge integriert die Daten syntaktisch und semantisch. Durch ein Modul, das die Bridge-Datenbank beim Ankoppeln neuer Sensoren automatisch auf Basis der Sensordatenbeschreibung in XML erweitert, wird eine einfache Anbindung neuer Sensoren gewährleistet. Die semantische Integration dient der Zuordnung von

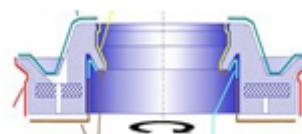


Abbildung 1: Dichtungsring (technische Zeichnung)

Sensordaten zu produzierten Teilen, um Zusammenhänge zwischen Anlagenzustand und Qualität der produzierten Teile erkennen zu können. Die Lösung wurde zunächst als Demonstrator aufgebaut und getestet und dann im Rah-

¹ Ein Teil der Arbeiten wurde durch das BMBF im Rahmen des Projektes BridgeIT im Programm Software Engineering 2006 gefördert. Förderkennzeichen 01ISC22
<http://www.BridgeIT.de/>

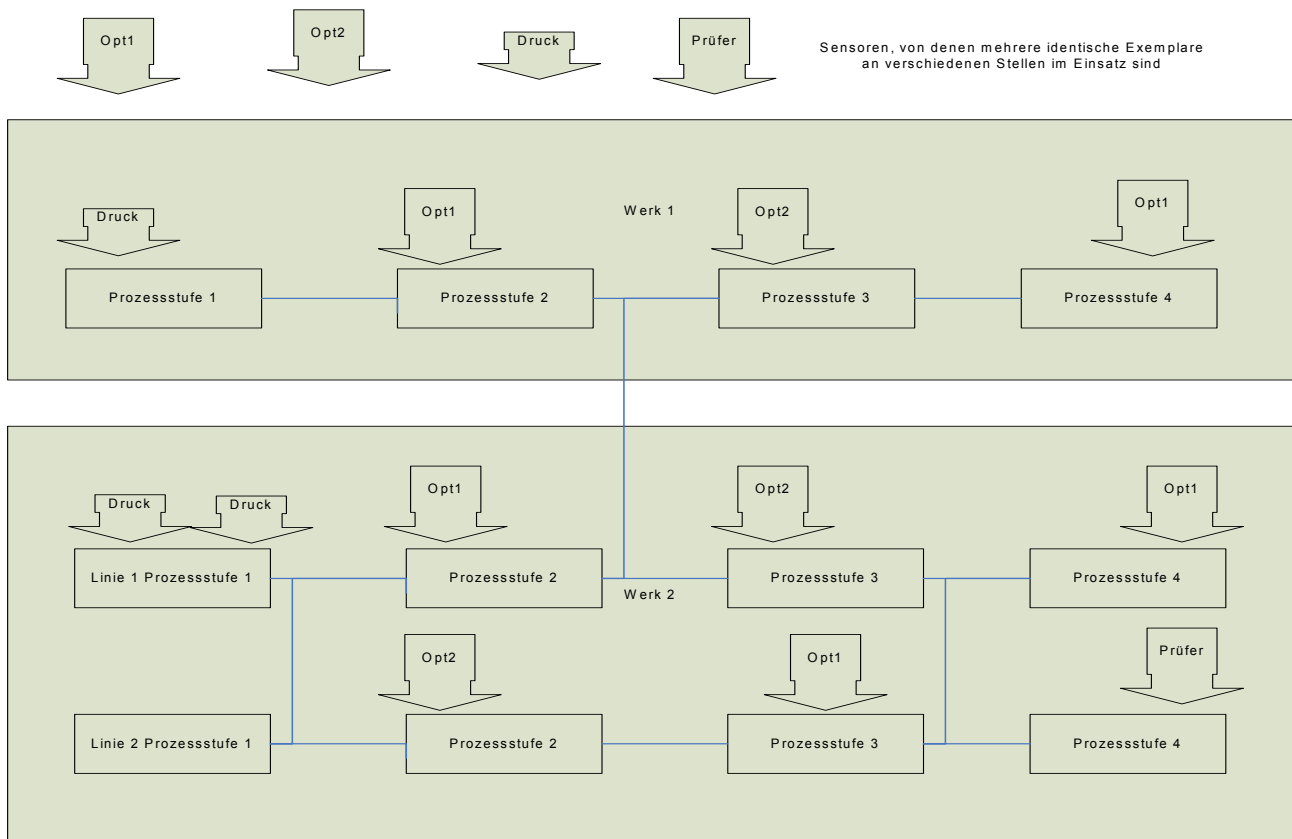


Abbildung 2: Fertigungsablauf mit mehreren Standorten und Linien, deren Zwischenprodukte teilweise von einer Linie zur anderen übergehen können

men eines Piloten an einer Produktionsanlage für Dichtungsringe (Abbildung 1) bei Freudenberg erprobt.

Im Folgenden wird zunächst in Abschnitt 2 eine für den Einsatz der Bridge typische Struktur von Fertigungsabläufen und Anlagen vorgestellt. In Abschnitt 3 wird die Bridge-Architektur als Integrationsplattform vorgestellt. Abschnitt 4 beschreibt den Ansatz für die semantische Integration der Daten. Abschnitt 5 gibt eine Übersicht über die Evaluation. Abschnitt 6 fasst zusammen und gibt einen Überblick über künftige Arbeiten.

2 Struktur von Fertigungsabläufen und Anlagen

Die Bridge soll die Integration von Daten über Produktionsstufen, -linien und -werke hinweg möglich machen. Zum leichteren Verständnis solcher Strukturen ist in Abbildung 2 ein beispielhafter Fertigungsablauf skizziert, der auch im Rest des Artikels zur Illustration des Ansatzes verwendet wird. Der Beispiel-Fertigungsablauf besteht aus 4 Prozessstufen. Es gibt 2 Werke an unterschiedlichen, evtl. weit entfernten Standorten. In jedem Standort gibt es unterschiedlich viele Fertigungslinien, einmal 1 und einmal 2 Linien. Zwischenprodukte werden zwischen den Linien und Werken ausgetauscht.

Es sind viele Sensoren im Einsatz, zum Teil unterschiedliche Exemplare des gleichen Typs, hier charakterisiert als Optischer Sensor 1, Optischer Sensor 2, Drucksensor und menschlicher Prüfer.

Die im Rahmen von BridgeIT betrachteten Sensoren bzw. Datenquellen liefern qualitätsbezogene Daten der folgenden Art:

Als Daten von Sensorsystemen werden Integer-, Float- und Double-Werte, Kurz- und Langtexte, Datumsangaben, sowie Binärdaten verarbeitet. Das sind neben den Kenndaten, direkte Messdaten des jeweiligen Sensors oder aufbereitete Messergebnisse des Sensorsystems.

Die Daten menschlicher Prüfer gehen einerseits als Parameter für den Prozess und die Fehlerklassifikation und -deduktion ein, andererseits als Klassifikationsergebnisse von z.B. Sichtkontrollen.

Die Daten des allgemeinen Anlagenbetriebes und die auftragsbezogenen Daten liefern den Kontext für die Deduktion prozessualer Zusammenhänge und für eine angepasste Visualisierung der Qualitätsdaten.

3 Bridge-Architektur

Ziel der Bridge-Architektur ist es Qualitätsdaten semantisch und syntaktisch zu integrieren und so eine produktionsstufenübergreifende Analyse und Deduktion zu ermöglichen. Durch eine einfache Anbindung vorhandener und neu hinzukommender Datenlieferanten und -verarbeiter soll die Akzeptanz des Systems gesteigert und Integrationszeiten niedrig gehalten werden. Durch die Nutzung von offenen Standards wird eine hohe Transparenz der Lösung erreicht, durch die Möglichkeit des Einsatzes von Open-Source-Produkten sind die Kosten der angebotenen Lösung auf technischer Seite niedrig zu halten.

Um die genannten Ziele zu erreichen, wurde die Definition einer allgemeinen Referenzarchitektur erarbeitet, die zum Zweck des einfachen Zugriffs und einer leichten Verarbeitung auf eine möglichst generische Strukturierung und Speicherung heterogener Qualitätsdaten unter-

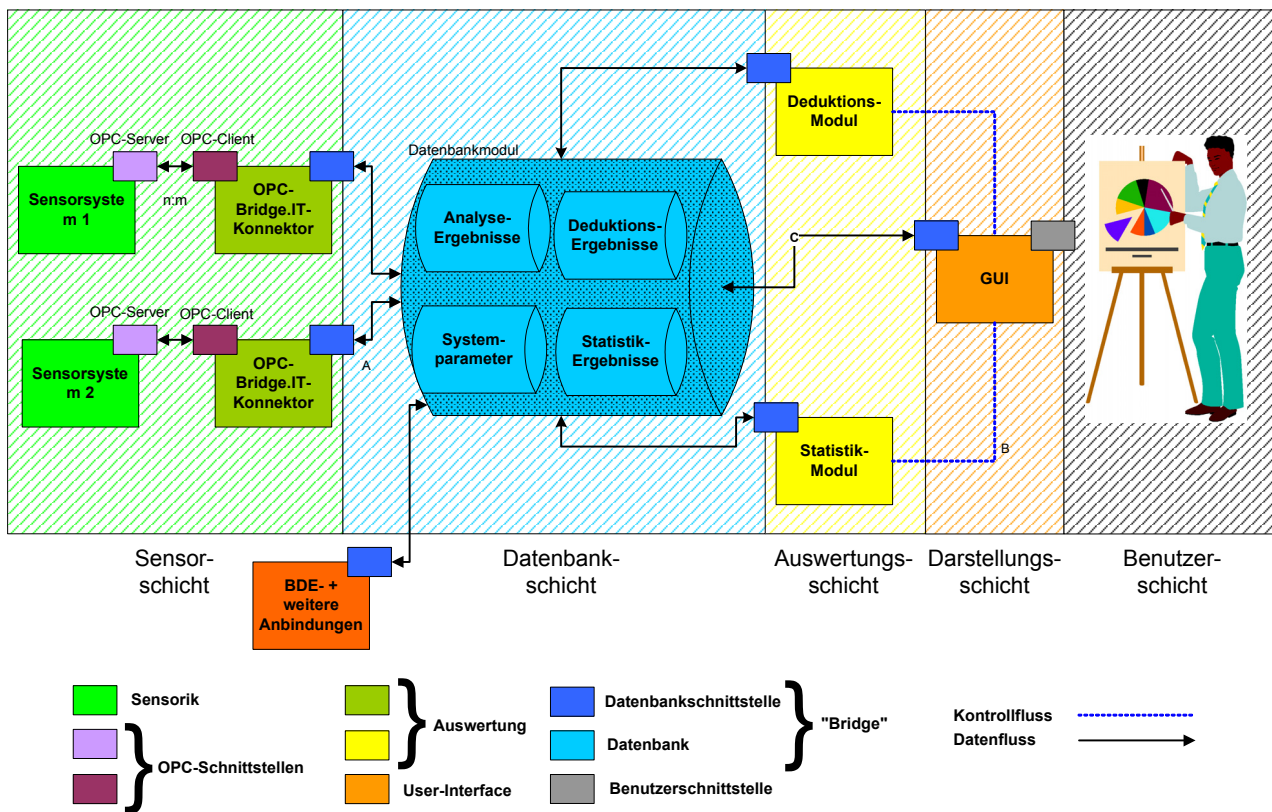


Abbildung 3: Schichten der Bridge-Architektur und schematische Darstellung des Datenflusses

schiedlicher Herkunft in einer Datenbank aufbaut. Die Referenzarchitektur beinhaltet auch die Entwicklung einer Kommunikationsarchitektur, d.h. die Kommunikation zwischen der eingebundenen Datenbank, den verschiedenen Sensorsystemen, dem Betriebsdatenerfassungssystem, den Deduktionsmechanismen und den Statistik- und Visualisierungsmodulen.

Abbildung 3 gibt einen Überblick über die Architektur der Bridge. Hier sind die verschiedenen Schichten der Architektur und der Datenfluss schematisch dargestellt.

Aus der Sensorschicht werden von heterogenen Sensorsystemen Qualitätsdaten in die Datenbankschicht weitergegeben. Für über OPC² angebundene Sensoren existiert dazu ein in BridgeIT entstandener OPC-BridgeIT-Konnektor. Die zu einer Auswertung benötigten Betriebsdaten (in Abbildung 3 mit BDE bezeichnet) und sonstige Systemparameter können ebenfalls über die Schnittstelle in die Datenbank integriert werden. Die Auswertungsschicht nutzt die vorhandenen Daten um Analysen und Statistiken zu erstellen und schreibt ggf. Ergebnisse in die Datenbank zurück. Eine GUI steuert die Module der Auswertungsschicht und holt sich die zur Steuerung und Visualisierung notwendigen Daten aus der Datenbank.

Kernstück der Architektur ist die generische Schnittstelle zur Datenbank, die sowohl lesende als auch schreibende Zugriffe auf unterschiedlichste Datenstrukturen aus einer heterogenen Umgebung gestattet. Die Zugriffsvereinbarung (Datenstruktur) erfolgt über eine Referenz in XML-Notation. Auf die so referenzierte Datenstruktur

erfolgt automatisch im laufenden Betrieb eine eindeutige Abbildung in Datenbanktabellen. Datenbankkenntnisse des Nutzers sind so nicht mehr notwendig, stattdessen wird ein offener, bereits validierter Standard in der Beschreibung von Datenstrukturen verwendet. Das Schreiben und Lesen von Daten der vereinbarten Struktur ist über die Referenz auf ein zu füllendes bzw. zu lesendes Datenobjekt realisiert. Die Filterung von Lesedaten wird über Spezifikationen in SQL-Notation erreicht.

Die Bridge-Architektur lässt also eine semantische und syntaktische Integration der Daten zu. Die Integration erfolgt in eine transparente Datenbankstruktur bei automatisierter Anpassung der Datenbankstrukturen im Betrieb. Durch die Schaffung einer generischen Schnittstelle unter Nutzung von Standards wie XML und SQL ist eine einfache Anbindungsmöglichkeit für heterogene Systeme gegeben.

4 Semantische Datenintegration

Der einfache Anschluss beliebiger Sensoren mit heterogenen Datenformaten erfordert die semantische Integration der Daten. Das Kernproblem stellt hierbei die Zuordnung von Sensordaten zu den produzierten Teilen dar, d.h. Sensordaten verschiedener Stufen, Linien und Werke sollen einem produzierten Teil zugeordnet werden können. Der Umgang mit unterschiedlichen Datenformaten erfordert weiterhin eine entsprechende Flexibilität seitens der Module in der Auswerteschicht. Dies liegt jedoch außerhalb des Fokus dieses Artikels.

Im Folgenden wird zunächst das Daten-Integrations-Verfahren zur Lösung des Kernproblems vorgestellt und durch ein Beispielszenario illustriert. Dann wird zu Machbarkeit der Zuweisung eindeutiger IDs zu den Sensoren bzw. Datenquellen verschiedener Art diskutiert und

² OPC steht für Openness, Productivity, Collaboration und symbolisiert die Verbindung von Automatisierungskomponenten mittels eines standardisierten, herstellerunabhängigen Zugriffsverfahrens. Siehe auch [7], [8], [9]

entsprechende Erfahrungen aus dem BridgeIT-Projekt berichtet. Weiterhin werden verschiedene Möglichkeiten der Identifikation der produzierten Teile diskutiert.

4.1 Datenintegrationsverfahren

Um sinnvolle Darstellungen von Abläufen und Trendanalysen zu Produktionsprozessen zu ermöglichen, ist es notwendig die Betriebsdaten zu einem Produkt und die von Sensoren und Werkern gelieferten Daten zu dessen Produktionsprozess zusammenführen zu können. Über eine eindeutige Kennzeichnung aller am Prozess beteiligter „Datengeber“ und einer exakten Kenntnis der Konfiguration aller prozessbeteiligten Komponenten zu jedem Zeitpunkt ist diese Datenintegration möglich.

Zur Sicherung der Datenintegration müssen also folgende Daten festgelegt und erreichbar sein:

Die *Konfigurationen aller beteiligten Produktionseinheiten*. Die Konfiguration enthält notwendige Angaben zum Aufbau eines Konzerns, seiner Werke, deren Linien und deren Stufen (inkl. der integrierten Sensoren) im betrachteten Zeitraum.

Die *Artikelkennungen* und Angaben zu den Artikeln eines Konzerns, die für die Qualitätsdatenauswertung notwendig sind.

Die eindeutigen *Kennungen der Aufträge* (oder Chargen) und Angaben zu den Aufträgen, die für die Qualitätsdatenauswertung notwendig sind. Sie sind u.a. das Bindeglied zu den Artikeldaten und zum jeweiligen Kunden mit seinen speziellen Qualitätskriterien und der beauftragten Menge.

Die eindeutigen *Kennungen der Teilaufträge* (Unterchargen) aller Aufträge und Angaben zu den Teilaufträgen, die für die Qualitätsdatenauswertung notwendig sind. Sie sind das Bindeglied zu den Auftragsdaten und enthalten ebenfalls spezielle Qualitätskriterien und beschreiben implizit den Produktionsablauf.

Bei der Datenerhebung seitens der Sensorik müssen folgende Daten übermittelt werden:

Pro (Teil)Auftrag ist die eindeutige Kennung des (Teil)Auftrages, dessen realer Startzeitpunkt und Endzeitpunkt zu übertragen. Mit der Übertragung dieser Daten ist der zeitliche Rahmen für Messdaten festgelegt und die Zuordnung zum produzierten Artikel geschaffen.

Pro Messung ist die Kennung des datenerzeugenden Sensors, erhobene Messdaten, notwendige Zusatzdaten und der Zeitstempel der Messdatenaufnahme zu übertragen. Über die Kennung und den Zeitstempel ist mit Hilfe der Konfigurationsdaten eine genaue räumliche, auftrags- und ablaufbezogene Zuordnung der gelieferten Daten zu treffen.

Bei der Verknüpfung der Sensordaten mit den Produktdaten sind nunmehr folgende Fälle zu unterscheiden:

1) Das Sensorsystem überträgt die (Teil-)Auftragskennung

Beim Einsatz eines Sensors sind bei Produktwechsel in aller Regel auch andere Parametrisierungen nötig. Die Parametrisierung hängt unmittelbar mit dem (Teil-)Auftrag zusammen, da auch bei gleichem Produkt unterschiedliche Anforderungen (etwa bzgl. der Toleranzen) seitens des Kunden vorliegen können. Überträgt das Sensorsystem mit jeder Messung die (Teil-)Auftragskennung lassen sich Produkt- und Messdaten direkt zusammenführen.

2) Das Sensorsystem überträgt keine (Teil-)Auftragskennung

Häufig ist es aus praktischen Erwägungen heraus nicht sinnvoll lösbar die (Teil-)Auftragskennung mit den Sensordaten zu übertragen. Es gibt dennoch zwei Möglichkeiten Mess- und Produktdaten zusammenzuführen:

a) Die Daten aller Sensorsysteme einer Linie werden zentral verwaltet und „angereichert“ mit den (Teil-)Auftragskennungen an die Bridge übertragen. (z.B. Sensorsysteme als OPC-Server, Einstellung der Daten in die Bridge zentral über einen OPC-Client, Anreicherung der im Client administrierbaren Daten mit den Produktionsdaten).

b) Können die Sensordaten nicht unmittelbar mit den zugehörigen (Teil-)Auftragskennungen versehen werden, kann der Rückschluss auf das Produkt auch über den Vergleich der Zeitstempel des (Unter)Auftrags und der Messdaten gezogen werden.

Durch die Übertragung der o.a. Daten lassen sich also alle qualitätsrelevanten Daten zusammenführen. Da in Fall 2b die Verknüpfung der Daten nur implizit vorliegt, sind die Varianten 1 und 2a möglichst vorzuziehen.

Welche Daten zusätzlich übertragen werden müssen, hängt davon ab, welche Qualitätssichten entstehen, oder welche Analysen gemacht werden sollen. Dies können z.B. Auswertungen bzgl. Artikeln, Zeitphasen, Produktionslinien, etc. sein.

4.2 Beispielszenario

Das Szenario illustriert am Beispiel der Struktur von Abbildung 2 das Verfahren zur semantischen Datenintegration bzgl. folgender Punkte: (1) korrekte Zuordnung von produzierten Teilen und zugehörigen Prüfdaten für ein Teil, das an Tag x in Werk 2 auf Linie 2 Stufe 1, dann auf Werk 2 Linie 1 Stufe 2, dann an Tag x+1 auf Werk 1 Linie 1 Stufe 3, und dann an Tag x+2 auf Werk 1 Linie 1 Stufe 4 gefertigt wurde; (2) eindeutige Bezeichnung und Erkennung der Sensoren.

Die Abfolge des Produktionsprozesses ist in den Daten des Auftrages und seiner Unteraufträge festgehalten. Im Beispiel besteht der Auftrag A1 zu Produkt P1 aus den 3 liniengebundenen Unteraufträgen A1_U1 (Werk2, Linie2, Stufe1), A1_U2 (Werk2, Linie1, Stufe2) und A1_U3 (Werk1, Linie1, Stufe3+4).

Für alle Sensoren sei konzernweit eine eindeutige Kennung festgelegt. Für die Sensorsysteme mit den Kennungen W2_L2_S2_Opt1_1, W1_L1_S3_Opt1_1 und W1_L1_S4_Opt2_1 ist der Einbauort zum Zeitpunkt der Messdatenerfassung in den Konfigurationsdaten erfasst.

Die Sensorsysteme übertragen bei jeder Messung ihre Kennung, die Messdaten, die Messungsnummer und einen Zeitstempel. Die Prüfdaten der im Beispiel beteiligten Sensorsysteme der Typen Opt1 und Opt2 seien der Einfachheit halber auf die Unterscheidung „in Ordnung“ (IO) und „nicht in Ordnung“ (NIO) beschränkt.

Beispiel: In einem Testlauf von n Prüfteilen soll herausgefunden werden, wie viele Teile, die in vorangehenden Stufen des Prozesses von der Sensorik als NIO bewertet werden auch in den nachfolgenden Stufen mit NIO bewertet werden.

Voraussetzung:

Die Reihenfolge des Teileflusses zwischen allen Stufen des Prozesses muss sichergestellt sein

Vorgehen:

Die Auswertung wird gestartet, wenn alle Teile alle Stufen durchlaufen haben. Jetzt liegt von jedem Sensor ein Messdatensatz nach dem Muster (sensorID, unter-

auftragsID, messungNr, IO_NIO, zeitstempel) zu jedem Prüfteil in der Datenbank und zu jedem Unterauftrag ein Eintrag nach dem Muster (unterauftragsID, startzeitpunkt, endzeitpunkt, werkID, linieID, startstufeID, endstufeID) vor. Der Analysator sucht unter der Auftragsnummer A1 die zugehörigen Unteraufträge A1_U1, A1_U2 und A1_U3 und arbeitet anhand deren Reihenfolge die Sensoreinträge der Unteraufträge ab. Über die Konfigurationsdaten kann er die Reihenfolge der Sensoren innerhalb einer (Teil)Linie feststellen. Anhand der Messungsnummern lassen sich nun die Messdatenergebnisse einzelner Teile zusammenführen, die gewünschte Analyse durchführen und die Visualisierung steuern.

Alternativ kann mit der Visualisierung schon begonnen werden, wenn das erste Teil alle Stufen durchlaufen hat.

4.3 Zuweisung eindeutiger IDs

Im Folgenden werden Verfahren zur Zuweisung eindeutiger IDs zu Sensoren bzw. Datenquellen und die Machbarkeit dieser Verfahren diskutiert und mit Erfahrungen aus dem BridgeIT-Projekt untermauert.

Zuweisung von IDs zu Sensoren: Wenn der Sensorhersteller oder Sensorsystemhersteller weltweit eindeutige Kennungen seiner Sensoren vergibt, kann diese Kennung für die Identifikation des Sensors übernommen werden. Falls nicht, muss der Anlagenbetreiber dem Sensor eine konzernweit eindeutige Identifikation des Sensors zuweisen. Sensoren mit einer OPC-Schnittstelle erhalten über ihre DCOM-Basis keine ID im o.g. Sinne, da es sich bei der AppID in der Praxis letztlich um eine auf den Sensortyp bezogene Kennzeichnung handelt. Sensoren des gleichen Typs erhalten dieselbe AppID und sind ohne Zusatzinformation nicht unterscheidbar.

Eigentlich sollte ein Anlagenbauer bzw. -betreiber von den Sensoranbietern eine weltweit eindeutige Kennzeichnung der Sensoreinheiten einfordern (wie etwa die MAC-Adresse im Netzwerkbereich). Die Forderung erscheint auch im Hinblick auf die Vision einer digitalen Fabrik sinnvoll. Die Kennzeichnung wird dann bei der Datenspeicherung durch den Sensor mit übertragen.

Da dies aus heutiger Sicht nicht möglich ist, muss vom Anlagenbauer bzw. -betreiber gefordert werden, dass er für seine Produktionsbetriebe eine konzernweite Kennung aller Daten erzeugenden Komponenten sicherstellt, die dann bei der Einbindung eines Sensors in das Bridge-System mit übertragen wird. Dies kann verteilt geschehen, indem in den Betriebsdaten die Konfigurationen aller Anlagen zu jedem Zeitpunkt festgehalten sind und die Sensoren ihre lokalen Kennungen in das Bridge-System übertragen. Die Konfigurationen beschreiben dabei die exakte Anordnung der Komponenten einer Produktionseinheit zu jedem beliebigen Zeitpunkt.

Zuweisung von IDs zu menschlichen Prüfern: Bei menschlichen Prüfern stellt eine konzernweite Ortsbestimmung und die Personalnummer des Prüfers ein eindeutiges Kürzel sicher. Die Ortsbestimmung, wo der Prüfer in den Prozess eingreift, ist in den o.g. Konfigurationsdaten enthalten.

Zuweisung von IDs zu Artikeln (Produkten): Es muss eine konzernweit eindeutige Artikelkennung vorliegen, die es gestattet die verschiedenen (evtl. weltweit verteilten) Produktionsergebnisse eines Artikels zusammenzuführen. In der Regel liegen eindeutige Artikelkennungen vor. Über die Artikelkennung stehen Daten zur Artikelbeschreibung zur Verfügung.

Zuweisung von IDs zu Aufträgen und Unteraufträgen: Es muss eine konzernweit eindeutige Auftragskennung (evtl. aufgeteilt in mehrere Unteraufträge) vorliegen, die es erlaubt die verschiedenen (evtl. weltweit verteilten) Produktionsstufenergebnisse eines Auftrages zusammenzuführen. Ein Auftrag ergibt sich dabei aus der Bestellung eines Artikels in bestimmter Stückzahl für einen Kunden mit bestimmten Qualitätsforderungen. In der Regel liegen eindeutige Auftragskennungen vor. Über die Auftragskennung stehen Daten zu Qualitätsanforderungen, Prozessparametern und Prozessverläufen sowie zu Prozessverteilungen zur Verfügung.

4.4 Identifikation produzierter Teile

Es gibt zwei Möglichkeiten, um ein Teil eindeutig identifizieren zu können:

1. Single-Piece-Flow
2. Markierung des produzierten Teils

Der sog. Single-Piece-Flow garantiert den ordnungserhaltenden Durchlauf der produzierten Teile durch die Stufen und Linien. Hiermit ist es möglich, die Daten anhand von Reihenfolge und Zeitstempel den produzierten Teilen eindeutig zuzuordnen, wie oben dargestellt. Außerdem können Auswirkungen von Werkzeugabnutzungen direkt im Fertigungsabschnitt kontrolliert und behoben werden. Oft muss neben einer Single-Piece-Flow-Fertigung in der Produktion auch die Blockfertigung berücksichtigt werden. Bei der Blockfertigung werden Artikelströme aufgelöster Teileordnungen über Puffersysteme, wie z.B. Wendelförderer, an definierten Prozessschnittstellen zugeführt. Sofern diese Puffersysteme lediglich der Vereinzelung von gemeinsam in einem Nest gefertigten Teilen dienen, geht hiermit lediglich die exakte Zuordnung zu einem Platz im Nest (bei Formgebungswerkzeugen ist dies die Kavität) verloren. Sobald in das Puffersystem jedoch Teile aus mehreren Produktionsschichten landen, kann keine korrekte Zuordnung mehr getroffen werden.

Die Markierung des produzierten Teils ermöglicht somit eine sichere Zuordnung zu den Sensordaten, sofern die Markierung innerhalb eines jeden Anlagenteils mit Reihenfolgeerhaltung ausgelesen und der Bridge zugeführt wird.

Die Markierung kann z.B. durch eine aufgedruckte oder strichcodierte Nummer oder bei größeren Teilen durch ein RFID-Tag erfolgen. Wird die Nummer oder das Tag dauerhaft auf dem Teil angebracht, können auch noch im Betrieb des Teils Bezüge zu den Sensordaten aus der Produktion hergestellt werden. Diese Nachverfolgbarkeit kann z.B. bei sicherheitskritischen Teilen relevant werden.

Die eindeutige Identifikation produzierter Teile hängt in der Praxis insbesondere von der Anlagenstruktur ab.

5 Evaluation

Die Integration und Auswertung der Daten soll zur Unterstützung bei prozessoptimierenden Entscheidungen dienen. Hierfür können im Rahmen zukünftiger Arbeiten auch KI-Verfahren eingesetzt werden.

Als Kenngröße in der Evaluierung der Projektlösung wird die Fähigkeit des Deduktionsmoduls bewertet, Prozesszusammenhänge aus der Statistik von Fehlerbildern der Sensoren zu schließen. Dieses Modul liefert den verschiedenen Rollen Informationen, die die aktuell produzierte Qualität erkennen lassen und die Optimierung der Produktion unterstützen.

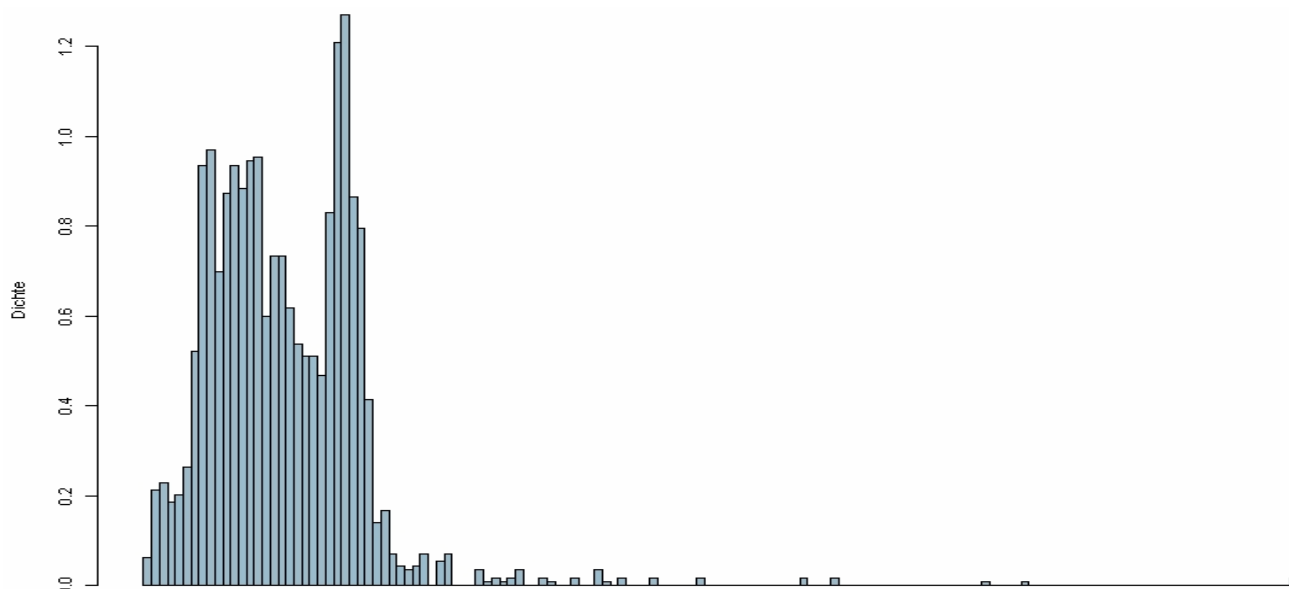


Abbildung 4: Verteilungsdichtefunktion von Fehlergravitäten

Später soll dann ein KI-Verfahren diese Unterstützung automatisieren. Die Evaluationsphase in BridgeIT muss daher zeigen, dass die Integration durch die Bridge für die automatisierte Unterstützung durch ein KI-Verfahren geeignet ist. Dabei wird davon ausgegangen, dass Mensch und KI-Verfahren ihre Entscheidungen auf der gleichen Datenbasis treffen.

Die Lösung wurde zunächst als Demonstrator aufgebaut und getestet (Abschnitt 5.1) und dann im Rahmen eines Piloten an einer Produktionsanlage für Dichtungsringe bei Freudenberg erprobt (Abschnitt 5.2). Weiterhin wird die Performance der Bridge getestet, um zu analysieren, in welchem Umfang Sensoren angebunden werden können (Abschnitt 5.3).

5.1 Demonstrator

Ziel des Demonstrators war der Machbarkeitsnachweis unter Laborbedingungen bzgl. der Anbindung verschiedener Sensoren, der Funktion der Datenflussskette und der Auswertbarkeit der gesammelten Daten. Angebunden wurden ein Sensor zur Oberflächeninspektion eines Dichtungsringes und ein ABIS II Sensor zur Oberflächeninspektion von Freiformteilen in der Automobilindustrie.

Die Datenflussskette konnte gemäß der Architektur realisiert werden. Die Auswertungen (Als Beispiel diene die Verteilungsdichte von Fehlergravitäten in Abbildung 4) mit dem Statistikmodul waren möglich. Damit konnte der Demonstrator die Anwendbarkeit der Lösung unter Laborbedingungen zeigen.

5.2 Pilot

Ziel des Piloten war der Machbarkeitsnachweis unter realen Bedingungen bzgl. der Datenmenge für eine Anlage. Für diesen Zweck wurde die Bridge in einem Pilotprozess an einer Produktionsanlage für Dichtungsprodukte bei Freudenberg evaluiert. In ausgewählten Produktionsläufen des 8-wöchigen Pilotbetriebs wurden hierbei Bildverarbeitungs- und Betriebsdaten aus produzierten Teilen gesammelt. Die Integration der Daten war erfolgreich. Der Pilot zeigte somit die Anwendbarkeit der Lösung unter realen Produktionsbedingungen für eine Anlage mit einem

Sensorsystem zur Oberflächeninspektion einer Familie unterschiedlicher Dichtungsprodukte.

5.3 Performance der Bridge

Um abschätzen zu können, wie viele Sensorsysteme und Anlagen bedient werden können, wird die Performance der Bridge noch evaluiert.

Die Performance wird im Wesentlichen durch die Performance der Datenbank für Ablage und Abruf von Sensordaten bestimmt. Exemplarische Messungen werden in Kürze vorgenommen.³

6 Verwandte Arbeiten

Die Bridge mit ihrer Bridge-Datenbank zeigt eine gewisse Verwandtschaft zu Datawarehouses [4]. Datawarehouses dienen ebenfalls der Integration von Daten aus verteilten und unterschiedlich strukturierten Datenbeständen, um eine globale Sicht auf die Quelldaten und damit übergreifende Auswertungen zu möglich zu machen. Dazu werden i.d.R. ebenso Datenbanken verwendet. Allerdings sollen mittels Datawarehouses auch Daten die für das operative Geschäft genutzt werden, von solchen Daten separiert werden, die im Datawarehouse z.B. für Aufgaben des Berichtswesens, der Entscheidungsunterstützung, der Geschäftsanalyse sowie des Controllings und der Unternehmensführung verwendet werden. Dies bedeutet, dass die Daten im Datawarehouse nicht realzeit-aktuell sind, d.h. z.B. nur einmal am Tag aktualisiert werden. Für die Zwecke der Produktionssteuerung bei BridgeIT ist dies jedoch nicht akzeptabel, da auf Basis der Qualitätsdaten eine Steuerung in Realzeit erfolgt. Dies gilt insbesondere auch für die im Rahmen des Projektes CheckMATE geplante weitergehende Automatisierung dieser Steuerungsaufgaben.

In den letzten Jahren hat sich mehr und mehr die Abkehr von turnusmäßiger Beladung hin zum sog. Real-Time-Data-Warehousing vollzogen [5][6].

In diesem Sinne könnte man die Bridge und ihre Datenbank als ein solches Real-Time-Data-Warehouse für Qua-

³ Ergebnisse sollten Anfang bis Mitte September vorliegen.

litätsdaten von Produktionsanlagen betrachten. Während aber Datawarehouses i.d.R. Daten von Datenbanken integrieren, die gewöhnlich eine Standard-Schnittstelle mit SQL anbieten, stand hier die Einfachheit der Anbindung der Sensoren und anderer Datenquellen an die Datenbank im Vordergrund.

7 Zusammenfassung und künftige Arbeiten

In diesem Erfahrungsbericht wurde der Bridge-Ansatz zur syntaktischen und semantischen Integration von Qualitätsdaten vorgestellt. Der Ansatz ermöglicht insbesondere eine einfache Anbindung neuer Sensorsysteme durch eine generische Schnittstelle zur angebundenen Datenbank, die Zugriffe auf Datenstrukturen aus einer heterogenen Umgebung auf Basis einer Datenbeschreibung in XML erlaubt. Die semantische Integration der Daten wird durch eine systematische Vergabe und Verwendung von IDs bis hin zur Werkzeugebene und für produzierte Teile in Kombination mit Zeitstempeln für die Daten machbar. Für nicht-reihenfolgeerhaltende Fertigungsabläufe sind ggf. besondere Vorkehrungen zu treffen, um die Sensordaten den produzierten Teilen zuordnen zu können. Die Anwendbarkeit der entwickelten Lösung wurde mit einem Demonstrator unter Laborbedingungen sowie in einem Piloten an einer Produktionsanlage im regulären Betrieb gezeigt.

Im Projekt CheckMATE⁴ soll nunmehr die Nutzung der integrierten Qualitätsdaten in Kombination mit Erfahrungswissen zur Realisierung des für den „kleinsten Qualitätssicherungskreises der Welt“ genutzt werden. Dies bedeutet, dass unter Verwendung der Sensordaten für Teilequalität und Anlagezustand sowie Anlagenstatusinformation und Kontextinformationen (Artikel, Auftrag) die Anlage möglichst automatisch geregelt wird. Rückfragen an Werker oder Produktionssteuerer erfolgen nur dann, wenn die Erfahrungen zur Regelung im aktuellen Kontext noch nicht hinreichend valide sind. Das Erfahrungswissen wurde bereits im beschriebenen Pilot akquiriert und wird derzeit formalisiert.

8 Literatur

- [1] Jürgen Grotepaß. *Vision Inspection Systems as Integral Elements for Continuous Improvements of Production Lines*. EMVA, 3rd European Machine Vision Business Conference; Palermo; April 29-30, 2005 <http://www.emva.org/>
- [2] Fraunhofer Gesellschaft. *Studie Wissen und Information 2005*. Fraunhofer IRB Verlag, 2006.
- [3] Mc Kinsey. *Analyse des in der Automobilzulieferindustrie erreichten Qualitätsstandards*. SIS „Surface Inspection Summit, Aachen, 2003.
- [4] William H. Inmon, Richard D. Hackathorn. *Using the Data Warehouse*. John Wiley & Sons, ISBN 0-471-05966-8
- [5] Colin White. *Intelligent Business Strategies: Real-Time Data Warehousing Heats Up*. DM Review Magazine; August 2002.
- [6] Wikipedia. *Data-Warehouse*. <http://www.wikipedia.de/>, Stand 10. Juli 2006.
- [7] Frank Iwanitz, Jürgen Lange. *OPC. Grundlagen, Implementierung und Anwendung*. 3. Auflage, Hüthig
- [8] OPC Foundation. <http://www.opceurope.org/>

- [9] Thuan L. Thai. *Learning DCOM. Distributed Components on Windows*. O'Reilly Media; 2000

⁴ <http://www.checkmate-online.de/>